

І.І.Павленко, д.т.н., професор

М.О.Охремчук, інженер

Кіровоградський державний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ ЗАТИСКУ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНО ОРІЄНТОВАНИХ ПРИЗМАТИЧНИХ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ

В статті розглядаються особливості розрахунку сил затиску при утримуванні циліндричної деталі вертикально розміщеним призматичним захватним пристроєм промислового робота. Досліджений вплив геометричних параметрів захвату, кута спрямування сили інерції, кута зміщення вершини призми на сили затиску.

Для утримування циліндричних деталей широкого діапазону розмірів та мас, як відмічалось в [1,2], найчастіше використовуються призматичні захватні пристрої. Конструкція захватного пристрою повинна задовольняти ряду вимог, основними з яких є надійне утримування деталі під час руху та мінімізація сил затиску, що дає можливість зменшити габаритні розміри захватного пристрою.

В процесі руху деталі, яка утримується вертикально орієнтованим захватним пристроєм, на деталь діє система сил. Це – власна сила ваги деталі  $G$  і сила інерції  $I$ , яка виникає під час прискорення або гальмування захвату. В залежності від характеру руху (прискорення, гальмування), а також напрямку руху сила інерції може розташовуватися в одному з чотирьох квадрантів (рис.1). В результаті дії цих сил в місцях контакту деталі з елементами призматичного захвату виникають сили реакції і сили

тертя. Як відмічалось в [1] надійне утримування деталі відбувається за рахунок комбінації замикаючих сил і сил тертя, тобто повинні виконуватись умови:

$$\sum X = 0 \quad \sum Y = 0$$

При отриманні рівнянь для визначення сил затиску в [1,2] приймалася схема, коли вершина призми захватного пристрою знаходиться на вісі  $OX$ , що проходить через центр деталі. Ця схема відповідає утримуванню деталі з номінальним значенням діаметру  $D_{ном}$ . Проте на практиці часто виникає ситуація, коли діаметр деталі не дорівнює  $D_{ном}$ , а відповідно вершина призми зміщується на кут  $\pm\varphi$  (рис.1). Тому необхідно отримати рівняння для визначення сил затиску при зміщенні вершини призми на кут  $\pm\varphi$ .

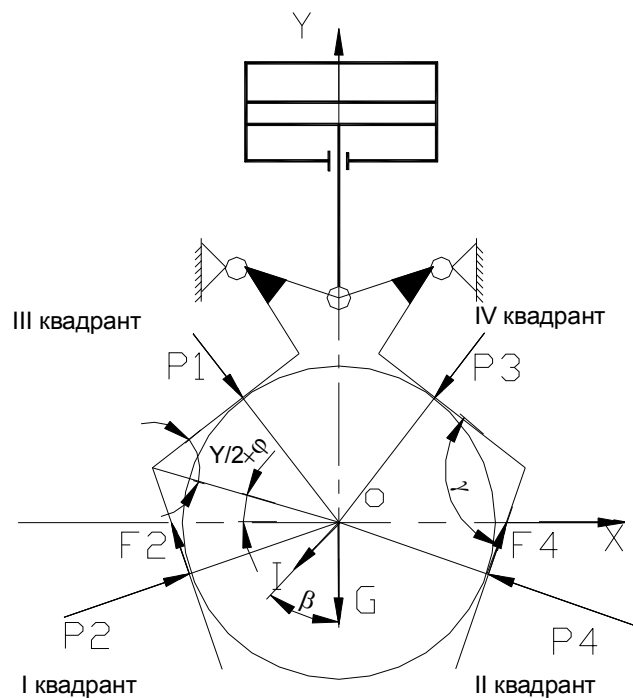


Рисунок 1 – Схема дії сил на вертикально розміщений  
призматичний захватний пристрій

Для визначення мінімально необхідної сили затиску складаємо рівняння. Що відповідають умові рівноваги деталі [3]. Для схеми, коли сила інерції розташована під кутом  $\beta$  до вісі  $OY$  і зберігається співвідношення сил  $I \leq G$ , отримуємо таку систему рівнянь:

$$\begin{aligned} &P_1 \cdot \cos(90 - \gamma / 2 + \varphi) + P_2 \cdot \cos(90 - \gamma / 2 - \varphi) - P_3 \cdot \cos(90 - \gamma / 2 + \varphi) - \\ &- P_4 \cdot \cos(90 - \gamma / 2 - \varphi) - I \cdot \sin(\beta) = 0 \\ &- P_1 \cdot \sin(90 - \gamma / 2 + \varphi) + P_2 \cdot \sin(90 - \gamma / 2 - \varphi) - P_3 \cdot \sin(90 - \gamma / 2 + \varphi) + \\ &+ P_4 \cdot \sin(90 - \gamma / 2 - \varphi) + F_1 \cdot \cos(90 - \gamma / 2 + \varphi) + F_2 \cdot \cos(90 - \gamma / 2 - \varphi) + \\ &+ F_3 \cdot \cos(90 - \gamma / 2 + \varphi) + F_4 \cdot \cos(90 - \gamma / 2 - \varphi) - G - I \cdot \cos(\beta) = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

де  $P_i$  – сили реакції, що виникають на відповідних елементах;

$F_i = P_i \cdot f$  – сили тертя, що виникають на відповідних елементах;

$f$  – коефіцієнт тертя;

$\varphi$  – кут розташування вершини призми відносно вісі  $OX$ , град;

$\beta$  – кут спрямування сили інерції відносно вісі  $OY$ , град;

$\gamma$  – кут призми, град.

Розглядаючи систему рівнянь (1), бачимо, що поставлена задача є статично невизначеною. Тому при подальшому розв'язанні приймаємо такі обмеження. Приймаючи до уваги, що на даному етапі розв'язання задачі визначається мінімально необхідна сила затиску, будемо враховувати в рівняннях сили реакції тих елементів, на яких виникають ці сили реакції під впливом проекції рівнодіючої сил  $G$  і  $I$  на відповідні вісі. Тобто:

$$P_{3X} = P_{4X} = 0 \quad P_{1Y} = P_{3Y} = 0 \quad F_{1Y} = F_{3Y} = 0 \quad P_{2Y} = P_{4Y}$$

Таким чином отримуємо:

$$\begin{aligned}
P_1 &= \frac{I \cdot \sin \beta \cdot \sin(90 - \gamma / 2 - \varphi)}{\sin(180 - \gamma)} \\
P_2 &= \frac{I \cdot \sin \beta \cdot \sin(90 - \gamma / 2 + \varphi)}{\sin(180 - \gamma)} + \frac{G + I \cdot \cos \beta}{2 \cdot [\sin(90 - \gamma / 2 - \varphi) + f \cdot \cos(90 - \gamma / 2 - \varphi)]} \quad (2) \\
P_3 &= 0 \\
P_4 &= \frac{G + I \cdot \cos \beta}{2 \cdot [\sin(90 - \gamma / 2 - \varphi) + f \cdot \cos(90 - \gamma / 2 - \varphi)]}
\end{aligned}$$

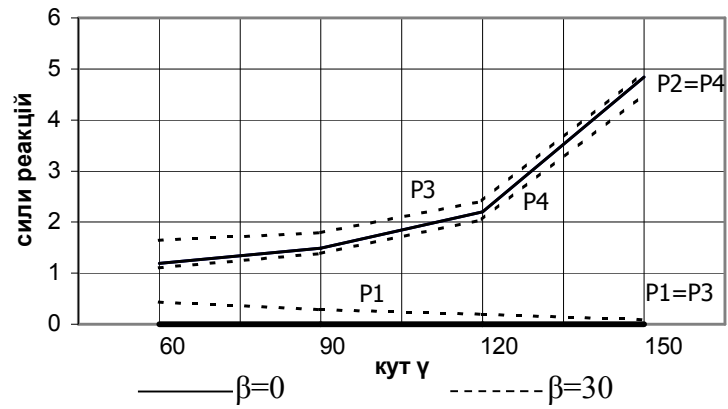
При зміні кута  $\beta$  в межах від  $90^\circ$  до  $180^\circ$  сила інерції  $I$  розташовується в III квадранті, що змінює схему розташування сил, а відповідно розрахункові рівняння (при  $I \leq G$ ):

$$\begin{aligned}
P_1 &= \frac{I \cdot \sin(180 - \beta) \cdot \sin(90 - \gamma / 2 - \varphi)}{\sin(180 - \gamma)} \\
P_2 &= \frac{I \cdot \sin(180 - \beta) \cdot \sin(90 - \gamma / 2 + \varphi)}{\sin(180 - \gamma)} + \frac{G - I \cdot \cos(180 - \beta)}{2[\sin(90 - \gamma / 2 - \varphi) + f \cdot \cos(90 - \gamma / 2 - \varphi)]} \quad (3) \\
P_3 &= 0 \\
P_4 &= \frac{G - I \cdot \cos(180 - \beta)}{2[\sin(90 - \gamma / 2 - \varphi) + f \cdot \cos(90 - \gamma / 2 - \varphi)]}
\end{aligned}$$

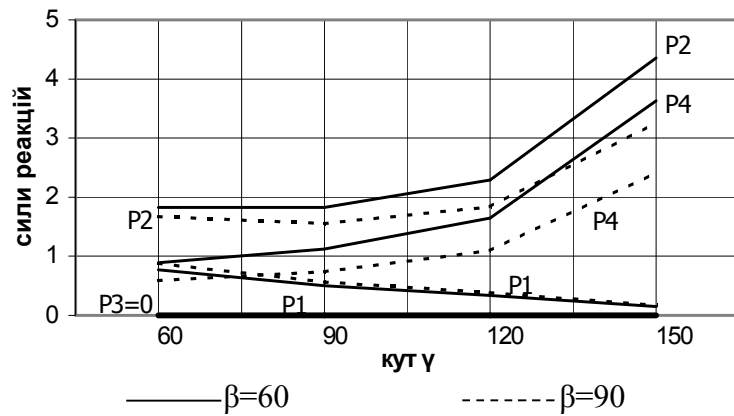
Таким чином, аналізуючи рівняння (2), бачимо, що сили реакцій є функцією від багатьох факторів:

- напрямок сили інерції (кут  $\beta$ );
- діаметр деталі (пов'язаний з ним кут  $\varphi$ );
- геометричні параметри захватного пристрою (кут  $\gamma$ ).

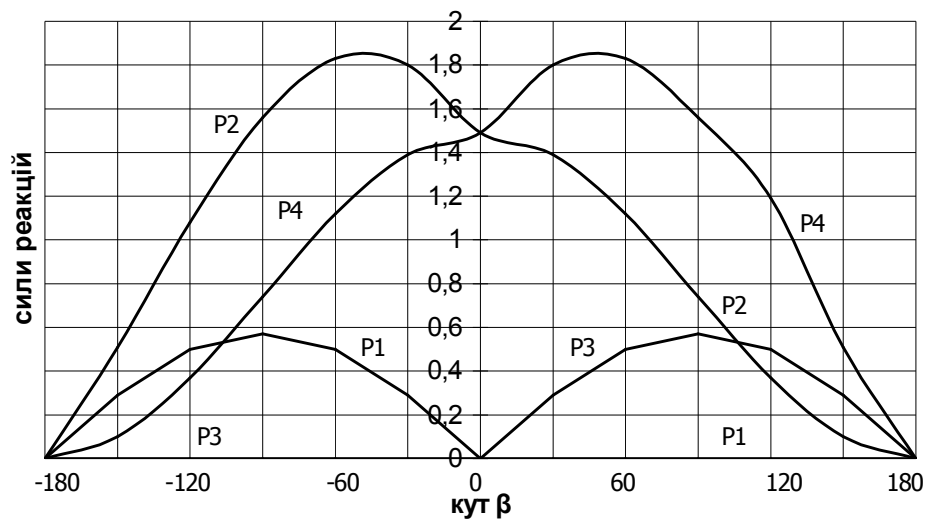
Розрахунки за рівняннями (2), (3) показали, що при розташуванні сили інерції в I квадранті, при співвідношенні сил  $I \leq G$  основне навантаження зазнають нижні елементи лівого і правого важеля призматичного захватного пристрою. Збільшення кута  $\varphi$  в межах від 0 до  $20^\circ$  призводить до незначного зростання сил реакцій  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_4$  (рис.2,а,б).



а



б



в

Рисунок 2 – Вплив геометричних параметрів та напрямку сили інерції на сили затиску для вертикально орієнтованого призматичного захвату з кутом призми  $\gamma=90^\circ$  і зміщенні вершини  $\varphi=10^\circ$

Дослідження впливу кута  $\beta$  на сили затиску (рис.2,в) показали, що при збільшенні  $\beta$  до  $30^\circ$  відбувається поступове збільшення сил  $P_2$  і  $P_4$  при збільшенні  $\gamma$ . Проте при  $\beta > 30^\circ$  на ділянці  $60 < \gamma < 90$  сила  $P_2$  зменшується. А при  $90 < \gamma < 150$  – зростає. При значенні кута  $\gamma = 150^\circ$  відбувається катастрофічне зростання сил  $P_2$  і  $P_4$ . Сила  $P_1$  для всіх варіантів при збільшенні  $\gamma$  зменшується.

Таким чином, як показали дослідження, при вертикальному розташуванні призматичного захватного пристрою найбільш раціональною конструкцією захвату є та, в якій кут призми  $\gamma$  знаходиться в межах  $60 \dots 90^\circ$ . При цьому забезпечується утримування об'єкту при найменших значеннях сил реакцій, а відповідно і сил затиску, і, як наслідок, найменші масово-габаритні характеристики призматичного захватного пристрою.

Але при співвідношенні сил  $I > G$  рівнодіюча цих сил змінює свій напрямок, а відповідно і змінюються розрахункові рівняння. Тому постає задача виявлення залежності сил затиску від вказаних параметрів при співвідношенні сил  $I > G$ .

## Література

1. Детали и механизмы роботов: Основы расчета, конструирования и технологии производства: Учеб. пособие / Под ред. Б.Б.Самотокина. – К.: Выща шк., 1990. 343с. С.69-80.
2. Механика промышленных роботов. Учеб.пособие для втузов: В 3-х кн. / Под ред. К.В.Фролова, Е.И.Воробьева. Кн.2: Расчет и проектирование механизмов / Е.И.Воробьев, О.Д.Егоров, С.А.Попов. – М.: Высш.шк., 1988. – 368с. С.196-203.
3. Павленко И.И. Расчет механических захватных устройств роботов. /Проблемы прочности, надежности и долговечности деталей и конструкций. – Кировоград, 1983. – с.35-36.